

PRODUCTION OF STRUCTURAL STEEL PLATE EXCELLENT IN STRENGTH AND TOUGHNESS**Publication number:** JP3068715 (A)**Publication date:** 1991-03-25**Inventor(s):** KAWASHIMA YOKIKA; HAJI TOSHIAKI; KATAUE MIKIFUMI**Applicant(s):** NIPPON STEEL CORP**Classification:**- **international:** C21D6/00; C21D1/18; C21D6/00; C21D1/18; (IPC1-7): C21D1/18; C21D6/00- **European:****Application number:** JP19890205491 19890807**Priority number(s):** JP19890205491 19890807**Abstract of JP 3068715 (A)**

PURPOSE: To produce a structural steel plate excellent in strength and toughness by carrying out the tempering, after hardening in the final cooling stage, of a structural steel cast and solidified to the prescribed thickness under specific conditions. **CONSTITUTION:** A structural steel is cast and solidified to the prescribed thickness, and the resulting cast slab is quenched in the final cooling stage, such as a cooling stage for the cast slab, a cooling stage after reheating the cast slab, and a cooling stage after applying rolling reduction working to the cast slab and rolling the cast slab to the required thickness, by which hardened structure is formed, followed by tempering treatment.; At this time, the length of time elapsed from hardening to tempering and heating velocity until the prescribed tempering is reached are regulated to <1hr and >1 deg.C/sec, respectively, and the rolled steel plate is held at a tempering temp. for 1sec-600sec. By this method, the structural steel excellent in strength and toughness can be obtained economically with high efficiency.

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

⑫公開特許公報(A)

平3-68715

⑬Int.Cl.⁵C 21 D 1/18
6/00

識別記号

府内整理番号

A 7518-4K
U 7518-4K

⑭公開 平成3年(1991)3月25日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全9頁)

⑮発明の名称 強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法

⑯特願 平1-205491

⑰出願 平1(1989)8月7日

⑱発明者 川島 善樹果 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内

⑲発明者 土師 利昭 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内

⑳発明者 片上 幹史 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内

㉑出願人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

㉒代理人 弁理士 小堀 益

明細書

1. 発明の名称

強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1)構造用鋼を所定の厚みに鋳造凝固後、何れかの最終冷却工程で急冷し焼入れ組織を生成して焼き戻し処理を実施するに当り、焼入れ後焼き戻し迄の経過時間を1時間以内とし、所定の焼き戻し温度迄の加熱速度を1°C/秒以上とし、該焼き戻し温度に1秒以上600秒以下の間保持することを特徴とする強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(2)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(3)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片圧延加工後の冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(4)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片を圧延加工した後の再加

熱後の冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(5)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片を圧延加工した後の再加熱再圧延後の冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(6)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片を再加熱後の冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

(7)特許請求の範囲第1項に記載の最終冷却工程が鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片の再加熱圧延後の冷却工程である強度・韧性に優れた構造用鋼板の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は強度と韧性の優れた構造用鋼板を効率良く経済的に製造する方法に関するものである。

(従来の技術)

従来、強度及び韧性に優れた構造用鋼板の製造

方法としては、熱間圧延後に焼きならしをする方法。又は焼入れ焼き戻しする方法。或いは熱間圧延後 A_{r_1} 変態点を下回らない温度より焼入れを行った後焼き戻しを行う方法等の種々の熱処理方法が提案されている。

例えば、熱間圧延後、焼入れ焼き戻しを行うものの一例として特公昭45-36100号公報がある。その内容は $Mn + Ni$ を 1.0 % ~ 2.0 % 含む低炭素鋼に Nb, B を添加し、Nb による析出硬化と Nb 炭化物による細粒化を同時に利用して強度と韌性を向上するもので、Nb による析出硬化を充分利用するために、焼入れ前の加熱により地鉄中に固溶している Nb 量を 0.02% 程度とするように、加熱温度及び C 量と Nb 添加量を規制して焼入れを行ない、その後 A_{c_1} 点以下の温度に焼き戻しを行うことを特徴としている。

又低温用強韧鋼の熱処理法としては、特公昭46-13498号公報がある。その内容は Ni を 4.0 ~ 7.5 % 含む低温用鋼材を A_{r_1} 点以上の温度に加熱し焼入れもしくは焼きならし処理後、 A_{c_1} 以上 A_{c_2} 以

下の温度に一回以上加熱し焼入れもしくは焼きならし処理後 A_{c_1} 以下の温度で焼き戻しを行うことを特徴としている。

同じく Ni を 4.0 ~ 7.5 % 含む低温用強韧鋼の熱処理法として特公昭51-19409号公報がある。その内容は圧延のまま又は A_{c_2} 以上の温度で再加熱焼入れを行った後、300 °C から 500 °C に加熱し、そのまま或は室温まで冷却後 A_{c_1} 以上 A_{c_2} 以下の温度で加熱冷却を加え、その後さらに A_{c_1} 以下の温度で焼き戻しを行うことを特徴としている。

更に熱間圧延後焼入れ焼き戻しを行う鋼の短時間熱処理法として特公昭46-1694号公報がある。

その内容は、圧延後の焼き入れ組織が粗粒に移行する時間的余裕を与える急冷し、微細な焼入れ組織を生成せしめ、その後短時間焼き戻しを施すことにより、炭化物の成長を阻止して組織を微細化し強度と韌性双方を改善することを特徴としている。

他方、Ni を 4.0 ~ 10.0 % 含む鋼において熱間圧延後 A_{r_1} 変態点を下回らない温度より焼入れを行

った後、焼き戻し等の熱処理を行うものの一例として特公昭53-41614号公報がある。その内容は、焼入れ等の調質処理を行わない強度と韌性の優れた低温用鋼材の製造法として Ni, Mn, Cr, Mo の成分範囲と鋼板の冷却速度、並びに圧延仕上げ温度及び巻取り温度を規制し、従来の調質処理と同等な金属組織を形成せしめ、その後必要に応じて 300 °C から 700 °C の間で焼き戻しを行うものである。

又特公昭46-27139号公報では、構造用炭素鋼及び構造用合金鋼の製造方法として Nb を 0.005 % ~ 1.6 % 含有せしめ、これを熱間圧延して後 Nb 化合物が析出しない温度と時間の範囲内で加熱又は冷却と加熱を行い、そのまま焼入れ処理とこれに続く焼き戻し処理を行うことを特徴としている。

又特開昭55-2761号公報では、高周波誘導加熱等により急速加熱した後焼き入れを施し、次いで 300 °C ~ 600 °C の温度範囲に急速加熱し、この温度に、例えば 60 秒以下の短時間保持した後水冷等により冷却する事で結晶粒を微細とし、高張力で伸び絞り等に優れた冷間塑性加工用鋼材を製造す

る方法がある。

更に特公昭49-14971号公報の低温用強韧鋼の熱処理方法では、Ni を 3.0 ~ 15.0 % 含む低温強韧鋼において、熱間圧延後 A_{r_1} 変態点を下回らない温度より焼入れを行った後、又は熱間圧延後、焼入れを行った後焼き戻しを行うに当り、通常の焼き戻し温度以下の適当な温度、即ち 300 °C から 450 °C の温度範囲に 10 分以上保持して微小な炭化物を析出させ、これを一旦冷却するかまたは冷却することなく通常の焼き戻し温度 (550 °C から 625 °C が好ましい) に上げて焼き戻し処理を行うことを特徴としている。

これらの技術を概括すると、1) 調質処理による強化法としての特公昭45-36100号公報、2) 韌性の大副な改善に有効な Ni の增量と調質処理を組合せた特公昭53-41614号公報、3) 調質処理に先立つ再加熱処理を含む前処理を追加した特公昭46-27139号公報、4) 調質処理に先立つ加熱処理を含む前処理と Ni の添加を組み合わせた特公昭46-13498号公報、特公昭51-19409号公報、特公昭49-14971号

公報、5)急速加熱・短時間熱処理法としての特公昭46-1694号公報、特開昭55-2761号公報に大別される。

〈発明が解決しようとする課題〉

上記した従来技術が残す課題を整理すると、

1)従来の調質処理による強靭化法では得られる強度韧性のレベルには限界がある。

2)初性の大幅な改善に有効なNiの增量と調質処理を組合せた方法、3)調質処理に先立つ加熱処理を含む前処理を追加した方法、4)調質処理に先立つ加熱処理を含む前処理とNiの添加を組み合わせた方法では高価なNi元素を多量に使用したり、熱処理工程が付与されたりするため不可避的に製造費が増大して経済的に不利である。

5)又短時間熱処理法では強度韧性の改善効果が期待されるものの、焼き戻し処理迄に長時間を必要とし生産性の低下は避けられず効率的な製造方法とは言えない。

等の問題点があり、本発明は該従来技術が残す問題点を解消し、効率良く、経済的に構造用鋼板

を製造する方法を確立する事を課題とするものである。

〈課題を解決するための手段〉

本発明は上記課題を達成するために、

(1)構造用鋼を所定の厚みに鋳造凝固後、何れかの最終冷却工程で急冷し焼入れ組織を生成して焼き戻し処理を実施するに当り、焼入れ後焼き戻し迄の経過時間を1時間以内とし、所定の焼き戻し温度迄の加熱速度を1°C/秒以上とし、該焼き戻し温度に1秒以上600秒以下の間保持することを基本的手段とし、

(2)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片冷却工程である事を第1の具体的な手段とし、

(3)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片圧延加工後の冷却工程である事を第2の具体的な手段とし、

(4)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片を圧延加工した後の再加熱後の冷却工程である事を第3の具体的な手段とし、

(5)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後の鋳片を圧延加工した後の再加熱再圧延後の冷却工程である事を第4の具体的な手段とし、

(6)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片を再加熱した後の冷却工程である事を第5の具体的な手段とし、

(7)基本的手段の最終冷却工程が鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片を再加熱圧延後の冷却工程である事を第6の具体的な手段とするものである。

通常の構造用鋼は、所要の材質を得るために、従来から当業分野での使用で確認されている作用効果の関係を基に、例えば特開昭61-117213号公報に記載されている様に、鉄及び不可避的な成分に、後述する理由に基づいて定められた各成分を付記した量の範囲で添加している。

つまり一般的には

C : 0.02~0.18% Al : 0.007~0.1%

Si : ≤ 0.5% S : 0.001~0.005%

Mn : 0.4~1.8% B : 0.0002~0.003%

P : ≤ 0.015% N : ≤ 0.004%

を基本成分とし、これに、

Ti : 0.003~0.02% Ta : 0.003~0.02%

Zr : 0.003~0.02%

の1種又は2種以上を添加し、更に、

Ni : ≤ 2.0% Mo : ≤ 0.5%

Cu : ≤ 1.0% V : ≤ 0.1%

Nb : ≤ 0.05% Cr : ≤ 0.5%

を選択添加し、

REM : ≤ 0.003% Ca : ≤ 0.003%

Mg : ≤ 0.003%

を単独選択添加するか、2種以上を複合添加し、複合添加時は合計量を0.005%以下とし、全体のCeqは0.45以下としている。

又これ等の成分の添加理由及び添加量の一般的な限定理由は次の通りである。

Cは鋼の用途上の必要強度から0.02%を下限量とし、溶接熱影響部(以下HAZと稱す。)の耐溶接割れ性、耐溶接硬化性及び韌性の劣化防止から0.18%を上限としている。

Siは母材の強度維持、溶鋼の予備脱酸のために

添加しているが、HAZに高炭素マルテンサイトを生成して韌性が低下するのを防ぐ目的から0.5%を上限としている。

Mnは母材強度、韌性の確保と併せ、粒内フェライト（以下IFPと稱す。）生成の核となる複合体の外殻を形成するMnSを生成するため0.4%を下限とし、HAZの韌性、HAZの耐溶接割れ性の劣化防止から1.8%を上限としている。

Pはミクロ偏析によるHAZの韌性と耐割れ性の劣化を防ぐため0.015%を上限としている。

Alは脱酸、母材組織の細粒化、固溶Nの固定等のために0.007%以上で使用されるが、鋼中の酸素との結合により酸化物系の介在物を形成して鋼の清浄度を低下させる事を防止するため0.1%を上限としている。

Sは通常IFP生成の核となる複合体の外殻を形成するMnSの生成に0.001%を下限とし、粗大なA系介在物を形成して母材の韌性、異方性（圧延方向とそれに直角な方向の特性の差）の悪化を防止するため0.005%を上限としている。

これに当業分野では①母材強度の上昇、及び母材、HAZの韌性向上の目的で、Ni、Cu、Nb、Mo、V、Crの1種又は2種以上、②HAZのオーステナイト結晶粒粗大化防止と、母材の異方性の軽減を目的として、Ca、Mg、REMの1種又は2種以上の①と②の何れか一方又は両方を添加している。

しかしながら①群のNiは母材の強度と韌性及びHAZ韌性を同時に高めるために添加するが、焼き入れ性の増大によりHAZにおけるIFPの形成が抑制される事があるので、これを防止するため2.0%の添加量を上限としている。

又Cuは母材の強度を高める割にHAZの硬さ上昇が少ないが、応力除去焼純によりHAZの硬化性が増加するので1.0%を上限としている。

Nb、Mo、V、Crは焼き入れ性を向上し、析出硬化により母材の強度と低温韌性を向上する事が知られているが、HAZの韌性と硬化性への悪影響を防ぐため、それぞれ0.05%、0.5%、0.1%及び0.5%を各々の上限としている。

又②の群の成分として前記の通りHAZのオース

Bは一般に大入熱溶接時のHAZ韌性に有害な粒界フェライト、フェライトサイドプレートの生成抑制、BNの析出によるHAZの固溶Nの固定等から少なくとも0.0002%を添加しているが、多量の添加はFe₂₃(CB)₆の析出による韌性低下、及びFe-BによるHAZの硬化性の増加を招くので、これを防止するため0.003%を上限としている。

NもS、Bと同様に複合体の芯となるTi、Zr、Ta等の窒化物を析出するため添加するが、マトリックスの韌性低下、HAZにおける高炭素マルテンサイトの生成促進等を防止するため0.004%を上限としている。

Ti、Zr、Ta、は1種又は2種以上を選択添加して前記したIFP生成の核となる複合体の芯となる窒化物を生成し、IFPの生成核として作用せしめるため、0.003%以上の添加量が必要であるが、酸化物系の介在物による鋼の清浄度の低下を防止するため0.02%を上限としている。

以上が当業分野で構造用鋼の基本成分とする元素と各元素の添加量及び添加理由である。

テナイト結晶粒粗大化防止のため、酸化物及び硫化物生成元素である原子番号57～71のラントノイド系元素及びYの1種又は2種以上から選ばれた希土類元素(REM)とCa及びMgの三者の中1種又は2種以上を添加している。

これ等の元素は、酸化物、硫化物、酸硫化物を形成し、HAZの結晶粒粗大化の防止、母材の異方性の軽減を目的に添加するが、IFPの生成核となる複合体の外殻を形成するMnSの形成が困難になるのを防止するために、これ等の元素を2種以上添加する時は合計の0.005%を上限とし、各々単独に添加する場合は0.003%を上限としている。

又Ceq.は0.45以下とするのが一般的である。

その理由は0.45を超えると焼き入れ性の増大によってIFPの生成を極めて困難にし、HAZ韌性が低下する事によっている。

通常前記Ceq.は次式で算出される値を用いる。

$$\begin{aligned} C_{eq.} = & C\% + Si\%/24 + Mn\%/6 + Ni\%/40 + Cu\%/40 \\ & + Cr\%/5 + Mo\%/4 + V\%/14 \end{aligned}$$

本発明が対象とする構造用鋼は上記した各元素

を上記した理由の基に上記した範囲で同様に使用する事が出来る。

又特開昭58-19431号公報がラインパイプ用鋼として開示している成分、

C : 0.04 ~0.18%	V : 0.01 ~0.10%
Si : 0.01 ~0.90%	Cu : 0.05 ~0.50%
Mn : 0.30 ~2.00%	Cr : 0.05 ~1.0 %
Nb : 0.008 ~0.06%	Mo : 0.05 ~0.50%
S : 0.012 ~0.02%	Ti : 0.005 ~0.050 %
Ni : 0.20 ~2.00%	

更に特開昭59-47323号公報が構造用高張力鋼として開示している成分、

C : 0.02 ~0.15%	Al : 0.01 ~0.1 %
Si : 0.01 ~0.30%	Ti : 0.005 ~0.030 %
Mn : 0.50 ~2.00%	N : (0.2~0.5) × Ti %
V : ≤0.2 %	Mo : ≤0.5 %
Nb : ≤0.08%	Cu : ≤0.50%
Cr : ≤1.0 %	Ni : ≤1.5 %

C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 ≤ 0.4

又特公昭49-14971号公報が低温用強韌鋼として

一般に知られている様に、所定の厚みに鋳造し凝固完了した鋳片の冷却工程、或いは該鋳片の再加熱後の冷却工程、又は該鋳片に圧下加工を加えて所要の厚みに圧延後の冷却工程、更には該圧延後に再加熱して後の冷却工程、又鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片を再加熱後の冷却工程、更には鋳造凝固完了後室温迄冷却した鋳片を再加熱圧延した後の冷却工程等で焼入れ焼き戻し処理を実施すると、焼入れにより当該鋼片の組織は焼入れ組織、主としてマルテンサイトまたは下部ベイナイトあるいはその両者の混合組織、またはマルテンサイト、下部ベイナイトと上部ベイナイトの混合組織となる。

本発明者等は、これらの焼入れ組織を焼き戻し処理により、焼入れ時に鋼中に導入した転位を回復させ、過剰に固溶している合金元素を析出させて適度に軟化させ、所要の強度と同時に韧性を得るに当たって、焼入れ後固溶元素が転位と干渉を生じる前の1時間以内に焼き戻し処理を行うと、焼き戻しにより析出する炭窒化物を始めとする析

開示している成分、

C : < 0.2 % Mn : < 5.0 %

Si : 0.05~0.4 % Ni : 3.0.~15%

を主要合金元素とし、この他必要に応じて

Mo : < 1.0 % (この1部又は全部をWと置換可能)

Cu : < 2.0 %

Cr : < 1.50%

Al : < 0.05% (このAlは他の窒化物生成元素と置換可能)

の各々の成分を有する各鋼も前記構造用鋼と同様に、本発明に使用する事が出来る。これ等は本発明が開示している構成・作用・効果によるものではないが、各成分を各々に記載の範囲から生ずる効果を利用しつつ本発明の所定の効果が得られるので、これ等の各鋼も本発明が言う構造用鋼に含まれる。

（作用）

本発明者等は上記課題を達成するため、種々実験検討を繰り返した。

出物を極めて均一かつ微細に分散させ、その結果従来強度及び韧性等の材質面からは焼入れ後、焼き戻しまでの時間が1時間を超えるものに比べ、強度のみならず韧性も著しく改善される事を見出した。

更に、焼入れ後固溶元素が転位と干涉を生じる前の1時間以内に焼き戻し処理を行う際に、昇温速度を1°C/秒以上とし、かつ焼き戻し時間を1秒以上600秒以下と極めて短くすると、炭窒化物を始めとする析出物の成長を抑制し、かつ焼入れ時に形成された微細な組織を維持することが可能となって強度と韧性が更に改善されることを知見した。

本発明は上記知見を基になされたものである。

（実施例）

表1に本発明が対象とする鋼材の化学成分を示す。表2は鋼種WのSi-Mn-Nb-Ti系で種々の工程で焼入れ焼き戻し処理を実施した際の引張試験及び衝撃試験の各結果を示す。鋼番1から4は25mm厚に鋳造した鋳片を900°Cから急冷、鋼番5から

8は50mm厚に鋳造した鋳片を25mmまで圧延し、その後900°Cから急冷、鋼番9から12は25mm厚に鋳造した鋳片を一旦冷却後900°Cに再加熱処理を行いその後870°Cから急冷、鋼番13から16は50mm厚に鋳造した鋳片を一旦冷却後900°Cに再加熱処理を行いその後25mm厚まで圧延し、870°Cから急冷し、鋼番17から20は280mmに鋳造した鋳片を196mmまで圧延後一旦冷却し、その後1050°Cに再加熱し圧延により25mm厚とした後、870°Cから急冷し、鋼番21から24は280mmに鋳造した鋳片を一旦冷却後1100°Cに再加熱し圧延により25mm厚とし、850°Cから急冷したもの、鋼番25から34は鋼種FのCu-Ni-Nb-Ti系で、280mmに鋳造した鋳片を一旦冷却し、その後1100°Cに再加熱後50mm厚に圧延し、850°Cから急冷し焼入れ焼き戻し処理を実施したもので、何れの工程の場合においても、焼入れ後焼き戻し迄の時間が短く、加熱昇温速度が速く、保持時間の短いもの、即ち鋼番1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23、25、27、30、32は、焼入れ後焼き戻し迄の時間が長い鋼番

2、6、10、14、18、22、26、31及び加熱昇温速度が遅い鋼番4、8、12、16、20、24、28、33及び保持時間の長い鋼番29、34に比較して強度は高く、伸びは大きく、低温韧性は良好な結果を示した。

表3は鋼種OのCr-Mo-V-Ti系、鋼種KのCu-Ni-Nb-Ti系、鋼種Yの9%Ni系、鋼種QのCu-Ni-Nb-Ti系で何れも280mmに鋳造後、鋼種Oは196mmに圧延した後一旦冷却し、その後1050°Cに再加熱し、35mmまで圧延し、870°Cから急冷、鋼種Kは1100°Cに再加熱後圧延して40mm厚として870°Cから急冷、鋼種Y及び鋼種Qは50mm厚に圧延した後、830°Cから急冷したもので、何れの工程の場合においても焼入れ後焼き戻し迄の時間、加熱昇温速度、保持時間が本発明範囲の鋼番35、37、40、42、45、47、50、52、55、57、60、62、65、67は、焼入れ後焼き戻し迄の時間が長い鋼番36、41、46、51、56、61、66、及び加熱昇温速度が遅い鋼番38、43、48、53、58、63、68及び保持時間の長い鋼番39、44、49、54、59、64に比較し

て強度は高く、伸びは大きく、低温韧性は良好な結果を示した。

表4と表5は、鋼種A、B、C、D、E、G、H、I、J、L、M、N、P、R、S、T、U、V、X、Zの鋼番69から89及び90から109のもので、何れも280mmに鋳造後再加熱して圧延を行い各種の板厚の鋼板とした後、表4の鋼番69から89は、Ar₃点以上の温度から急冷し焼入れ後焼き戻し迄の時間、加熱昇温速度、保持時間が本発明範囲のものであり、加熱昇温速度が遅い表5の鋼番90から109のものと比較し強度は高く、伸びは大きく、低温韧性は良好な結果を示した。

〈発明の効果〉

本発明は、鋳造凝固後の鋳片をそのまま又は加工後、更には再加熱後又は更に加工後等の何れかの最終冷却工程で急冷、焼入れ、焼き戻しするに当たり、焼入れから焼き戻し迄を1時間以内の短時間で行い、その時1°C/秒以上の加熱速度で所定の焼き戻し温度迄加熱し、その温度に1秒以上600秒以下の間保持する事により、強度と韌性が

優れた構造用鋼板を効率良く経済的に製造する方法を確立したもので、当業分野にもたらす効果は大きい。

特許出願人 新日本製鐵株式会社
代理人 小堀 益

表 1

鋼種	化成分 (wt %)																	Ceq		
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Al	Ti	B	Ca	REM	N	O	%	
本発明の対象鋼種	A	0.09	0.24	1.39	0.007	0.003	—	—	—	—	—	0.002	0.011	—	—	—	0.0030	0.0025	0.322	
	B	0.12	0.22	1.35	0.008	0.002	—	—	—	—	—	0.038	0.013	—	—	0.0047	0.0035	0.027	0.345	
	C	0.14	0.21	1.45	0.006	0.002	—	—	—	—	—	0.001	0.015	—	—	0.0040	0.0030	0.382		
	D	0.15	0.22	1.46	0.007	0.003	—	—	—	—	—	0.041	0.010	—	0.0037	—	0.0048	0.0035	0.393	
	E	0.06	0.20	1.30	0.005	0.002	0.30	0.70	—	—	—	0.001	0.008	—	—	0.002	0.0020	0.343		
	F	0.07	0.21	1.32	0.006	0.002	0.32	0.65	—	0.013	—	0.032	0.011	0.0006	—	0.0042	0.0037	0.031	0.355	
	G	0.06	0.22	1.31	0.006	0.003	0.70	1.20	—	—	—	0.001	0.015	—	—	0.0050	0.0022	0.405		
	H	0.06	0.20	1.30	0.007	0.003	0.73	1.25	—	—	0.017	—	0.003	0.012	—	—	0.003	0.0035	0.345	
	I	0.12	0.20	1.35	0.010	0.002	—	—	—	—	0.016	—	0.031	0.014	0.0007	0.0037	—	0.0035	0.0033	0.345
	J	0.12	0.23	1.35	0.008	0.002	—	—	—	—	0.016	—	0.030	0.013	—	0.0044	0.0035	0.0041	0.023	0.352
	K	0.09	0.24	0.81	0.008	0.002	0.41	1.50	—	—	—	0.032	0.002	0.014	—	—	0.0042	0.0023	0.399	
	L	0.13	0.22	1.30	0.009	0.003	—	—	0.23	—	—	0.04	0.033	0.012	0.0005	—	0.0020	0.0038	0.393	
	M	0.12	0.20	1.35	0.006	0.002	—	—	0.20	—	—	0.015	0.001	0.014	—	—	0.0030	0.0032	0.373	
	N	0.11	0.21	1.36	0.007	0.002	0.25	0.25	—	—	—	0.041	0.029	0.010	—	—	0.0040	0.0025	0.443	
	O	0.12	0.21	1.34	0.006	0.003	—	—	0.21	0.25	—	0.017	—	0.001	0.008	—	—	0.0019	0.0018	0.398
	P	0.08	0.17	0.71	0.006	0.003	0.50	2.50	—	—	0.015	—	0.037	0.015	—	—	0.0045	0.0037	0.455	
	Q	0.08	0.19	0.65	0.007	0.002	0.50	3.50	—	—	0.015	—	0.031	0.012	—	—	0.0035	0.0028	0.372	
	R	0.09	0.22	1.45	0.007	0.002	0.30	0.30	—	—	0.015	—	0.030	0.009	—	—	0.0042	0.0032	0.328	
	S	0.07	0.20	1.01	0.006	0.003	0.45	0.9	—	—	0.018	—	0.035	0.007	—	—	0.0025	0.0022	0.292	
	T	0.04	0.20	0.63	0.006	0.002	1.00	1.20	—	—	0.017	—	0.037	0.034	0.015	—	0.0030	0.0030	0.431	
	U	0.08	0.15	1.45	0.007	0.002	—	—	0.51	—	—	—	0.001	0.014	0.0008	—	0.0032	0.0035	0.370	
	V	0.13	0.24	1.44	0.005	0.002	—	—	—	—	0.012	—	0.040	0.014	0.0008	—	0.0031	0.0031	0.390	
	W	0.15	0.24	1.44	0.005	0.002	—	—	—	—	0.015	—	0.031	0.013	—	0.004	—	0.0035	0.0028	0.383
	X	0.15	0.21	1.40	0.006	0.003	—	—	9.20	—	—	—	0.015	0.005	—	—	0.0037	0.0029	0.828	
	Y	0.08	0.21	0.81	0.006	0.003	—	—	—	—	—	—	0.027	—	—	—	0.0040	0.0025	1.016	
	Z	0.07	0.20	0.75	0.006	0.002	0.21	12.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

表 2

区分番号	鋼種	鉄片厚	铸造・凝固			再加熱			焼戻し時間	昇温速度	温度	保持時間	引張試験			衝撃試験
			加工度	焼入温度	製品厚	再加熱温度	加工度	焼入温度	製品厚				YS	TS	EI	
									°C/s	°C	sec	kgf/mm²	kgf/mm²	%	°C	
1	WW	25	—	900	25	—	—	—	—	0.25	1	600	300	55	64	26
2	WW	25	—	900	25	—	—	—	—	48.0	1	600	300	53	61	22
3	WW	25	—	900	25	—	—	—	—	0.25	3	600	300	54	63	27
4	WW	25	—	900	25	—	—	—	—	0.25	0.1	600	300	52	61	5
5	WW	50	2	900	25	—	—	—	—	0.25	2	600	300	56	63	27
6	WW	50	2	900	25	—	—	—	—	48.0	2	600	300	54	61	30
7	WW	50	2	900	25	—	—	—	—	0.25	1	600	300	56	64	28
8	WW	50	2	900	25	—	—	—	—	0.25	0.2	600	300	54	62	21
9	WW	25	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.2	600	300	54	64	45
10	WW	25	—	—	—	—	—	—	—	48.0	2	600	300	51	63	22
11	WW	25	—	—	—	—	—	—	—	0.25	1	600	300	55	65	35
12	WW	25	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.2	600	300	50	60	5
13	WW	50	2	—	—	—	—	—	—	24.0	1	600	300	55	65	20
14	WW	50	2	—	—	—	—	—	—	0.25	3	600	300	55	66	55
15	WW	50	2	—	—	—	—	—	—	0.25	0.3	600	60	51	61	22
16	WW	50	2	—	—	—	—	—	—	0.083	1	600	60	55	65	105
17	WW	280	1.43	—	—	—	—	—	—	7.8	1	600	60	50	61	70
18	WW	280	1.43	—	—	—	—	—	—	7.8	1	600	60	54	65	120
19	WW	280	1.43	—	—	—	—	—	—	7.8	3	600	60	54	65	65
20	WW	280	1.43	—	—	—	—	—	—	7.8	0.2	600	60	51	62	120
21	WW	280	—	—	—	—	—	—	—	0.083	1	600	60	55	66	60
22	WW	280	—	—	—	—	—	—	—	0.083	2	600	60	54	66	28
23	WW	280	—	—	—	—	—	—	—	0.083	2	600	60	50	61	65
24	WW	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	1	600	60	56	67	110
25	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	24.0	1	600	60	50	61	115
26	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	2	600	60	55	66	80
27	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	0.1	600	60	51	63	21
28	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	1	600	60	49	64	120
29	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	2	600	60	53	66	70
30	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	0.1	600	60	52	65	33
31	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	2	600	60	55	62	24
32	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	0.1	600	60	47	60	65
33	FF	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	1	600	60	50	62	26
34	F	280	—	—	—	—	—	—	—	0.017	2	600	60	55	62	70

(注) ① 加工度 = 入厚/出厚 ② 衝撃試験 = $1/2t \cdot C$ 方向の値。

表 3

区 分	鋼 種	鋼 種	鉄片厚 mm	铸造・凝固			再 加 热			焼戻し 始時間 hr	昇温 速度 °C/s	焼戻し 温度 °C	保持 時間 sec	引 張 試 験			衝撃試験 v Tr s	
				加工度	焼入温度	製品厚	再加热温度	加工度	焼入温度					YS	TS	E I		
				—	°C	mm	—	°C	—					kgf/mm²	kgf/mm²	%		
本比	35 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	1	630	300	62	73	29	-100
本比	36 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	48.0	1	630	300	57	70	23	-75
本比	37 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	2	630	300	61	74	23	-110
本比	38 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	0.2	630	300	59	70	23	-45
本比	39 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	1	630	1500	59	72	31	-70
本比	40 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	48.0	1	680	20	55	69	25	-120
本比	41 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	2	680	20	61	72	24	-71
本比	42 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	0.2	680	1800	56	68	26	-105
本比	43 O	280	1.43	—	—	—	1050	5.6	870	35	0.05	1	680	300	57	68	22	-65
本比	44 O	280	1.43	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	1	550	300	57	64	28	-125
本比	45 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	24.0	1	550	300	51	68	22	-70
本比	46 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	2	550	300	56	63	23	-110
本比	47 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	0.1	550	300	52	67	25	-65
本比	48 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	1	550	1800	55	63	23	-70
本比	49 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	1	575	180	57	67	23	-120
本比	50 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	24.0	1	575	180	55	63	23	-81
本比	51 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	2	575	180	55	63	23	-115
本比	52 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	0.1	575	180	51	62	22	-60
本比	53 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	1	575	1200	53	66	26	-85
本比	54 K	280	—	—	—	—	1100	7.0	870	40	0.17	1	550	300	64	74	28	<-196
本比	55 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	1	550	300	59	67	23	<-196
本比	56 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	48.0	1	550	300	53	73	29	<-196
本比	57 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	2	550	300	58	70	21	<-196
本比	58 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	0.05	550	300	61	70	24	<-196
本比	59 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	1	550	1200	58	73	27	<-196
本比	60 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	48.0	1	600	120	60	66	24	<-196
本比	61 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	2	600	120	57	73	27	<-196
本比	62 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	0.05	600	120	57	68	26	<-196
本比	63 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.17	1	600	1200	50	60	26	<-196
本比	64 Y	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.083	1	600	180	54	68	24	-140
本比	65 Q	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	48.0	1	600	180	54	67	29	-140
本比	66 Q	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.083	2	600	180	55	61	23	-80
本比	67 Q	280	—	—	—	—	1100	5.6	830	50	0.083	0.1	600	180	55	61	23	

(注) ① 加工度=入厚/出厚 ② 衝撃試験=L/2t·C 方向の値。 ③ <-196 は液体窒素の気化温度以下で不明。

表 4

区 分	鋼 種	鋼 種	鉄片厚 mm	再 加 热			焼戻し 始時間 hr	昇温 速度 °C/s	焼戻し 温度 °C	保持 時間 sec	引 張 試 験			衝撃試験 v Tr s
				再加热温度	加工度	焼入温度					YS	TS	E I	
				—	°C	—					kgf/mm²	kgf/mm²	%	
本發 明 例	69 A	280	1000	14.0	850	20	0.05	1	600	180	50	58	30	-120
	70 B	280	1000	11.2	850	25	0.05	1	600	180	51	57	29	-125
	71 C	280	1000	9.3	850	30	0.05	1	600	180	50	56	29	-125
	72 D	280	1000	9.3	850	30	0.05	1	600	180	50	58	30	-125
	73 E	280	1000	7.0	830	40	0.05	1	600	180	44	54	33	-130
	74 G	280	1050	7.0	830	40	0.05	1	600	180	50	57	29	-120
	75 H	280	1050	7.0	830	40	0.05	1	600	180	51	58	32	-125
	76 I	280	1100	9.3	850	30	0.05	1	600	180	44	54	32	-105
	77 J	280	1100	9.3	850	30	0.05	1	600	180	43	53	36	-110
	78 L	280	1050	8.0	830	35	0.083	1	600	120	51	58	29	-125
	79 M	280	1050	8.0	830	35	0.083	1	600	120	52	58	30	-130
	80 N	280	1050	8.0	830	35	0.17	1	600	60	50	56	32	-120
	81 P	280	1100	8.0	830	35	0.17	1	600	60	52	58	31	-125
	82 R	280	1100	9.3	830	30	0.17	1	600	60	53	57	30	-115
	83 S	280	1100	8.0	830	35	0.17	1	600	60	48	52	29	-120
	84 T	280	1100	7.0	850	40	0.17	1	600	60	47	52	29	-110
	85 U	280	1050	9.3	830	30	0.17	1	600	60	55	66	28	-105
	86 V	280	1000	14.0	850	20	0.05	1	600	60	54	65	27	-120
	88 X	280	1100	11.2	830	25	0.05	1	600	120	53	66	29	-120
	89 Z	280	1000	14.0	850	20	0.05	1	600	120	72	83	26	<-196

(注) ① 加工度=入厚/出厚 ② 衝撃試験=L/2t·C 方向の値。 ③ <-196 は液体窒素の気化温度以下で不明。

表 5

区 分	鋼 番	鋼 種	鋳片厚 mm	再 加 热				焼戻し開 始時間 hr	昇温 速度 °C/s	焼戻し 温 度 °C	保持 時間 sec	引 張 試 験			衝撃試験 vT r s
				再加热温度 °C	加工度 —	焼入温度 °C	製品厚 mm					YS kgf/mm²	TS kgf/mm²	E I	
														%	
比 較	90	A	280	1000	14.0	850	20	0.05	0.1	600	180	44	53	25	- 80
	91	B	280	1000	11.2	850	25	0.05	0.1	600	180	42	51	23	- 70
	92	C	280	1000	9.3	850	30	0.05	0.1	600	180	41	52	22	- 80
	93	D	280	1000	9.3	850	30	0.05	0.1	600	180	43	51	21	- 70
	94	E	280	1000	7.0	830	40	0.05	0.2	600	180	40	49	21	- 65
	95	G	280	1050	7.0	830	40	0.05	0.2	600	180	42	52	22	- 70
	96	H	280	1050	7.0	830	40	0.05	0.2	600	180	41	51	21	- 60
	97	I	280	1100	9.3	850	30	0.05	0.1	600	180	40	50	21	- 65
	98	J	280	1100	9.3	850	30	0.05	0.1	600	180	40	50	21	- 60
	99	L	280	1050	8.0	830	35	0.083	0.1	600	120	40	51	22	- 55
例	100	M	280	1050	8.0	830	35	0.083	0.1	600	120	41	51	21	- 60
	101	N	280	1050	8.0	830	35	0.17	0.1	600	60	40	52	23	- 50
	102	P	280	1100	8.0	830	35	0.17	0.1	600	60	40	52	24	- 60
	103	R	280	1100	9.3	830	30	0.17	0.1	600	60	39	52	22	- 65
	104	S	280	1100	8.0	830	35	0.17	0.1	600	60	36	47	24	- 65
	105	T	280	1100	7.0	850	40	0.17	0.1	600	60	37	48	23	- 60
	106	U	280	1050	9.3	830	30	0.17	0.1	600	60	50	60	23	- 70
	107	V	280	1000	14.0	850	20	0.17	0.1	600	120	50	61	22	- 65
	108	X	280	1100	11.2	830	25	0.05	0.1	600	120	50	61	22	- 60
	109	Z	280	1000	14.0	850	20	0.05	0.1	600	120	68	80	24	< -196

(注) ① 加工度 = 入厚 / 出厚

② 衝撃試験 = $1/2t \cdot C$ 方向の値。

③ < -196 は液体窒素の気化温度以下で不明。